

## Beschreibung

## Brenner und Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine

5 Die Erfindung betrifft einen Brenner mit einem ringförmigen Vormischkanal, in den Brennstoff radial verteilt einleitbar ist. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine mit einem Brenner, der einen ringförmigen Vormischkanal aufweist.

10

Bei einem Brenner werden Verbrennungsluft und Brennstoff zusammengeführt, vermischt, gezündet und in einer Flamme verbrannt. Es ist dabei in der Regel von großer Bedeutung, dass Schadstoffemissionen wie Kohlenmonoxid oder Stickoxid dabei  
15 gering gehalten werden. Die Möglichkeit einer stickoxidarmen Verbrennung besteht insbesondere durch eine sogenannte Vormischverbrennung, bei der Brennstoff und Verbrennungsluft zunächst möglichst homogen gemischt werden, bevor sie der Verbrennungszone zugeführt werden. Ein solcher Vormischbrenner ist in der WO 02/095293 A1 offenbart. Dieser Brenner zeigt einen ringförmigen Vormischkanal, der einen zentralen Diffusionsbrenner umgibt. Im Vormischkanal sind deutlich stromaufwärts von der Verbrennungszone Drallschaufeln in einem über den ganzen Querschnitt des Vormischkanals verlaufenden Drallgitter angeordnet. Ein solches Drallgitter dient der Flammenstabilisierung. Die Drallschaufeln des offenbarten Drallgitters sind hohl ausgebildet, wobei Öffnungen an der Oberfläche der Drallschaufeln sich in radialer Richtung mit Drallschaufeln erstrecken. Aus diesen Öffnungen wird Brennstoff in den Vormischkanal eingelassen, der zuvor den hohlen Drallschaufeln zugeführt wurde. Hierdurch wird ein über die radiale Höhe des Vormischkanals gleichmäßiger Einlass von Brennstoff in die durch den Vormischkanal strömende Verbrennungsluft erreicht. Gleichzeitig wird durch den Einlass des Brennstoffes aus allen Drallschaufeln auch eine gleichmäßige  
35 Verteilung von Brennstoff in Umfangsrichtung des Vormischkanals erreicht. Dies hat eine hohe Homogenität des dann in

## 2

die Verbrennungszone strömenden Verbrennungsluft-Brennstoffgemisches zufolge. Eine solche Homogenität ist wünschenswert für niedrige Stickoxidemissionen, da die Bildung von Stickoxid exponentiell mit der Flammentemperatur wächst. Bei einem homogenen Gemisch werden lokale Spitzentemperaturen vermieden, da die Energiefreisetzung sich gleichmäßig im Gemisch verteilt. Damit wird die Stickoxidbildung verringert. Bei der Vormischverbrennung wird zudem vergleichsweise wenig Brennstoff in Verbrennungsluft verbrannt. Diese sogenannte magere Vormischverbrennung neigt allerdings zu Verbrennungsinstabilitäten, d. h. die Flamme schwankt in ihrer Energiefreisetzung oder kann sogar verlöschen. Zur Stabilisierung dieser Vormischverbrennung dient der zentrale Diffusionsbrenner, bei dem Brennstoff und Verbrennungsluft in der Flamme vermischt werden. Um eine weitere Stabilisierung der Flammenstabilität der Vormischflamme zu erreichen ist vorgeschlagen, vom radial äußeren Rand des ringförmigen Vormischkanals strömungsblockierende Elemente vorzusehen, die an einigen lokalen Stellen die Strömung der Verbrennungsluft verzögern. Dies hat in diesen Zonen eine Anreicherung des Verbrennungsluft-Brennstoffgemisches mit Brennstoff zur Folge und führt damit zu lokalen, heißen Strahlen in der Verbrennungszone, die die Vormischverbrennung stabilisieren. Auf sich betriebsabhängig ändernde Bedingungen kann dieses statische Konzept allerdings nicht eingehen.

Aufgabe der Erfindung ist die Angabe eines Brenners mit einem ringförmigen Vormischkanal, der hinsichtlich seiner Verbrennungsstabilität abhängig von den herrschenden Betriebsbedingungen eingestellt werden kann.

Weitere Aufgabe der Erfindung ist die Angabe eines Verfahrens zum Betrieb einer Gasturbine, bei der ein Brenner abhängig vom Betriebszustand der Gasturbine so eingestellt wird, dass sich eine möglichst hohe Flammenstabilität und möglichst niedrige Schadstoffemissionen ergeben.

Die auf einen Brenner gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen entlang einer Achse gerichteten Brenner mit einem ringförmigen Vormischkanal, in den Brennstoff radial verteilt einleitbar ist, wobei die radiale Verteilung des Brennstoffes während des Betriebes des Brenners einstellbar ist.

Die radiale Verteilung des Brennstoffes ist die Verteilung des Brennstoffes entlang einer Linie senkrecht zur Achse des Brenners. Mit der Erfindung wird erstmals vorgeschlagen, die radiale Verteilung des Brennstoffes einstellbar zu gestalten, so dass auf verschiedene Betriebsbedingungen reagiert werden kann. Bisher wurden lediglich statische Brennstoffverteilungen mittels der Geometrie und Einlasspositionen von Brennstoff und Verbrennungsluft verwirklicht. Die Erfindung geht demgegenüber von der Erkenntnis aus, dass Schadstoffemissionen und Verbrennungsstabilitäten bei verschiedenen Betriebsbedingungen des Brenners günstig durch eine geänderte radiale Verteilung des Brennstoffes beeinflusst werden können. Zum Beispiel wird bei einem Volllastbetrieb in der Regel angestrebt, dass Brennstoff möglichst homogen in der Verbrennungsluft verteilt wird um Stickoxidemissionen gering zu halten. Dies erfordert eine radiale Verteilung von Brennstoff beim Einlass, die radial außerhalb höher ist als innerhalb, im ringförmigen Vormischkanal radial außerhalb ein größerer Luftmassenstrom zu versorgen ist als radial innerhalb. Um also eine gleichmäßige Brennstoffkonzentration über den Vormischkanalquerschnitt zu erhalten, muss der Brennstoffeinlass radial außerhalb höher sein als radial innerhalb. Demgegenüber kann im Teillastbetrieb eine lokale Anreicherung des Brennstoffluftgemisches mit Brennstoff in vergleichsweise kalten Zonen die Kohlenmonoxidemissionen reduzieren. Daher ist bei einem Teillastbetrieb eine radiale Verteilung des Brennstoffes beim Einlass günstig, bei der radial innen mehr Brennstoff eingelassen wird als radial außen. Weiterhin nimmt das radiale Verbrennungsprofil Einfluss auf Verbrennungsschwingungen. Solche Verbrennungsschwingungen entstehen bei

Flammeninstabilitäten, die Druckschwankungen in einer Brennkammer zur Folge haben, in die der Brenner mündet. Durch Rückreflektion von den Brennkammerwänden dieser Druckschwankungen in den Flammenbereich bzw. in den Mischbereich von Brennstoff und Verbrennungsluft kann bei phasenrichtiger Überlagerung eine positive Rückkopplung von Flammeninstabilität und Druckschwankungen entstehen, wodurch eine stabile Verbrennungsschwingung aufgebaut werden kann. Diese führt zu hohen Schallemissionen und Schwingungen im Verbrennungssystem, die Schäden zur Folge haben können. Eine Änderung im Verteilungsprofil des Brennstoffeinlasses kann diese positive Rückkopplung unterbrechen und damit die Verbrennungsschwingung unterdrücken.

Vorzugsweise sind bei dem Brenner über den Umfang des Vormischkanals verteilt Einlassvorrichtungen vorgesehen, für einen an der jeweiligen Umfangsposition liegenden radialen Einlass von Brennstoff mittels in radialer Richtung angeordneter Einlassöffnungen mit einem jeweiligen Öffnungsquerschnitt, wobei bei einem ersten Teil der Einlassvorrichtungen die Öffnungsquerschnitte in Richtung zur Achse zunehmen und bei einem zweiten Teil der Einlassvorrichtungen die Öffnungsquerschnitte abnehmen. Durch eine solche Konfiguration ist es möglich, je nach Einlass von Brennstoff einerseits aus dem ersten Teil der Einlassvorrichtungen und andererseits aus dem zweiten Teil der Einlassvorrichtungen durch die gegenläufige Änderung der Öffnungsquerschnitte eine gewünschte radiale Verteilung des Brennstoffeinlasses einzustellen.

Bevorzugt sind die Einlassvorrichtungen des ersten Teils und des zweiten Teils abwechselnd entlang des Umfangs des Vormischkanals angeordnet. Die Einlassvorrichtungen des ersten und des zweiten Teils sind also wechselnd nebeneinander über den Umfang verteilt angeordnet.

Bevorzugtermassen folgen die Einlassvorrichtungen des ersten Teils und des zweiten Teils in axialer Richtung des Vormisch-

kanals aufeinander. In dieser Konfiguration wird also z. B. zunächst Brennstoff aus den Einlassvorrichtungen des ersten Teils in den Vormischkanal eingelassen und in Strömungsrichtung nachfolgend sodann Brennstoff aus den Einlassvorrichtungen des zweiten Teils. Hierdurch kann insbesondere sowohl aus den Einlassvorrichtungen des ersten Teils als auch den Einlassvorrichtungen des zweiten Teils mit dem Umfang des Vormischkanals gleichmäßig verteilt Brennstoff eingelassen werden. Die Überlagerung des Brennstoffeinlasses aus den beiden Teilen ergibt die gewünschte radiale Verteilung für den gesamten Brennstoffeinlass.

Bevorzugtermassen ist eine erste und eine zweite um die Achse des Brenners laufende Brennstoffzuleitung vorgesehen, wobei ein Druckunterschied des Brennstoffdruckes in den beiden Brennstoffzuleitungen zueinander abhängig vom Betriebszustand des Brenners einstellbar ist. Weiter bevorzugt ist der erste Teil der Einlassvorrichtung mit der ersten Brennstoffzuleitung und der zweite Teil der Einlassvorrichtung mit der zweiten Brennstoffzuleitung verbunden. Durch diese Konfiguration ist es in einfacher Weise möglich, den Brennstoffeinlass aus dem ersten Teil und aus dem zweiten Teil der Einlassvorrichtungen voneinander unabhängig wie gewünscht einzustellen. Hierzu wird jeweils der für die gewünschte Verteilung nötige Druck in der ersten bzw. zweiten Brennstoffzuleitung eingestellt. Je nach Druckunterschied gibt es somit unterschiedliche Mengen an Brennstoff, die über die erste bzw. die zweite Einlassvorrichtung eingelassen werden, so dass der gesamte Brennstoffeinlass der gewünschten Verteilung entsprechend eingestellt wird.

Vorzugsweise sind die Einlassvorrichtungen radial in den Vormischkanal ragende Röhrchen, in deren Inneres der Brennstoff zugeführt wird. Aus diesen Röhrchen wird sodann aus den Einlassöffnungen der Brennstoff in den Vormischkanal eingelassen.

Bevorzugtermassen sind die Einlassvorrichtungen radial in den Vormischkanal ragende Drallschaufeln, in deren Inneres der Brennstoff zugeführt wird. In diesem Fall sind die Einlassöffnungen auf der Oberfläche der Drallschaufeln, bevorzugt in der Nähe einer Schaufelvorderkante, angeordnet. Die Drallschaufeln erfüllen somit eine Doppelfunktion, indem sie den für die Verbrennungsstabilisierung notwendigen Drall erteilen und zudem gleichzeitig als Einlassvorrichtung für den Brennstoff fungieren.

Bevorzugt ist der erste Teil der Einlassvorrichtungen aus radial in den Vormischkanal ragende Röhrchen und der zweite Teil der Einlassvorrichtungen aus radial in den Vormischkanal ragende Drallschaufeln gebildet. Dabei kann sowohl der erste Teil als auch der zweite Teil der Einlassvorrichtungen stromaufwärts vom jeweils anderen Teil im Vormischkanal angeordnet sein. Günstigerweise sind die Röhrchen stromauf der Drallschaufeln angeordnet, was zu einer höheren Durchmischung von Brennstoff und Verbrennungsluft beim Durchlaufen des Drallgitters führt. Bei erhöhter Sicherheit gegen einen Flammrückschlag kann es aber günstiger sein, die Röhrchen stromab der Drallschaufeln anzuordnen.

Bevorzugtermassen ist der Brenner ein Gasturbinenbrenner, insbesondere für eine stationäre Gasturbine mit einer Leistung größer als 50 MW. Eine Gasturbine weist einen Verdichter auf, der Luft hochverdichtet und dem Brenner zugeführt wird. Der Brenner mündet in einer Gasturbinenbrennkammer, in der die Brennerflamme eingeschlossen ist. Das in der Brennkammer erzeugte heiße Abgas strömt sodann in einen Turbinenteil, in dem Turbinenschaufeln vom Heißgas umströmt werden. Auf einer Turbinenwelle angeordnete Laufschaufeln versetzen, angetrieben vom Heißgas, die Turbinenwelle in Rotation. Gerade bei großen stationären Gasturbinen werden strenge Anforderungen hinsichtlich niedriger Schadstoffemissionen und hinsichtlich niedriger Neigung zur Ausbildung von Verbrennungsschwingungen gestellt.

Bevorzugt weist der Brenner einen zentralen, vom Vormischkanal umschlossenen Diffusionsbrenner auf.

- 5 Die auf ein Verfahren gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch Angabe eines Verfahrens zum Betrieb einer Gasturbine mit einem Brenner zur Verbrennung eines Brennstoffes in Luft, welcher Brenner einen ringförmigen Vormischkanal aufweist, in den der Brennstoff in einer radialen Verteilung  
10 eingeleitet wird, wobei die radiale Verteilung abhängig von dem Betriebszustand der Gasturbine eingestellt wird.

Die Vorteile dieses Verfahrens ergeben sich entsprechend den obigen Ausführungen zu den Vorteilen des Brenners.

- 15 Vorzugsweise wird bei einem Teillastbetrieb der Gasturbine eine radiale Verteilung so eingestellt, dass sich ein Bereich eines lokalen Maximums in der radialen Verteilung der Brennstoffkonzentration im Brennstoff-Luftgemisch bildet.

- 20 Bevorzugtermassen wird bei einem Volllastbetrieb der Gasturbine eine radiale Verteilung so eingestellt, dass sich eine homogene Gemischkonzentration von Brennstoff und Luft ergibt.

- 25 Bevorzugtermassen wird beim Auftreten einer Verbrennungsschwingung mit einer Amplitude, die einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, die radiale Verteilung geändert.

- 30 Die Erfindung wird beispielhaft anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen teilweise schematisch und nicht maßstäblich:

- Figur 1 eine Gasturbine  
Figur 2 einen Vormischbrenner nach dem Stand der Technik,  
Figur 3 einen Längsschnitt durch einen Vormischkanal eines Vormischbrenners nach dem Stand der Technik,  
Figur 4, 5 einen Ausschnitt eines Längsschnittes durch einen Vormischkanal,  
Figur 6, 7 einen Längsschnitt durch einen Vormischkanal,  
Figur 8 einen Ausschnitt eines Querschnittes durch einen Vormischkanal,  
Figur 9 einen Ausschnitt eines Längsschnittes durch einen Vormischkanal.

Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

5

Figur 1 zeigt eine Gasturbine 1. Die Gasturbine 1 weist auf einer gemeinsamen Turbinenwelle 8 angeordnet einen Verdichter 3 und ein Turbinenteil 7 auf. Zwischen Verdichter 3 und Turbinenteil 7 ist eine Ringbrennkammer 5 geschaltet. In die  
10 Ringbrennkammer 5 münden um den Umfang verteilt eine Anzahl von Vormischbrennern 9. Den Vormischbrennern 9 wird Luft 11 aus dem Verdichter 3 hochverdichtet zugeführt. Weiterhin wird dem Vormischbrenner 9 Brennstoff 13 zugeführt. Luft 11 und Brennstoff 13 werden vermischt und über die Vormischbrenner 9  
15 in die Brennkammer 5 eingeleitet, wo sie zu einem Heißgas 15 verbrannt werden.

Figur 2 zeigt einen Vormischbrenner 9. Dieser ist entlang einer Achse 10 gerichtet. Der Vormischbrenner 9 weist einen  
20 ringförmigen Vormischkanal 21 auf. Der Vormischkanal 21 umgibt einen zentralen Diffusionsbrenner 23. Der Vormischkanal 21 weist eine ringförmige Mittelfläche 22 auf, die im Querschnitt einen Winkel zur Brennerachse 10 bildet. Der Vormischkanal 21 weist eine radial außenliegende Außenfläche 18

und eine radial innenliegende Innenfläche 20 auf. In radialer Richtung über den ganzen Querschnitt des Vormischkanals 21, d.h. senkrecht zur Vormischkanalmittelfläche 22 erstreckt sich ein ringförmiges Drallgitter 25, welches aus einzelnen Drallschaufeln 26 aufgebaut ist. Weiterhin ragen in radialer Richtung ausgehend vom Diffusionsbrenner 23 Brennstoffeinquassröhrchen 27 in den Vormischkanal 21. Die Brennstoffeinquassröhrchen 27 sind hohl ausgebildet und weisen Einlassöffnungen 29 auf.

Bei dem Brenner nach dem Stand der Technik in Figur 2 wird Luft 11 durch den Vormischkanal 21 geleitet. Die Luft 11 strömt an den Brennstoffeinquassröhrchen 27 vorbei. Den Brennstoffeinquassröhrchen 27 wird Brennstoff 13 ins Innere zugeführt, welcher aus den Einlassöffnungen 29 in die Luft 11 austritt. Der Luft 11 wird über die Drallschaufeln 26 im Drallgitter 25 ein Drall erteilt, welcher einer Verbrennungsstabilisierung dient. Die Drallschaufeln 26 sind so ausgebildet, dass auch ihnen Brennstoff 13 zuführbar ist. Über nicht näher dargestellte Einlassöffnungen an der Oberfläche der Drallschaufel 26 wird ebenfalls Brennstoff 13 in die Luft 11 im Vormischkanal 21 eingelassen. Brennstoff 13 und Luft 11 werden im Vormischkanal 21 vermischt zu einem Brennstoff-Luftgemisch 28, welches aus dem Vormischbrenner 9 austritt und dort in einer Verbrennungszone verbrannt wird. Bei einer mageren Vormischverbrennung, d.h. bei relativ wenig Brennstoff 13 in der Luft 11 neigt eine solche Vormischverbrennung zu Instabilitäten bei der Flamme, d.h. es kommt zu Fluktuationen oder gar zu einem Verlöschen der Flamme. Zur Stabilisierung dieser Verbrennung wird häufig der zentrale Diffusionsbrenner 21 eingesetzt, dem ebenfalls Luft 11 und Brennstoff 13 zugeführt werden. Diese werden allerdings im wesentlichen erst in der Verbrennungszone miteinander gemischt, wobei ein fetteres Gemisch gewählt wird. Mit der Flamme des Diffusionsbrenners 23 kann die Vormischverbrennung stabilisiert werden. Bei dem in Figur 2 gezeigten Vormischbrenner 9 wird Brenn-

stoff 13 in einer festen, statischen Verteilung in den Vormischkanal 21 eingeleitet.

Figur 3 zeigt einen Ausschnitt eines Längsschnittes durch einen Vormischkanal nach dem Stand der Technik. Es ist ein Schnitt durch eine Drallschaufel 26 des Drallgitters 25 gezeigt. Aus einem ringförmigen, radial innen, d.h. im Bereich der Innenfläche 20 des Vormischkanals 21 ist eine ringförmige Brennstoffzuleitung 41 angeordnet. Aus dieser ringförmigen Brennstoffzuleitung 41 wird Brennstoff 13 den Drallschaufeln 26 zugeführt. Die Drallschaufeln 26 weisen alle die gleiche Anordnung und den gleichen Öffnungsquerschnitt bei ihren Einlassöffnungen 29 auf.

Figur 4 zeigt in einem Ausschnitt eines Längsschnittes durch den Vormischkanal 21 eine gegenüber Figur 3 geänderte Anordnung, die zusammen mit Figur 5 deutlich wird. Figur 4 und Figur 5 zeigen jeweils einen Schnitt durch zwei benachbarte Drallschaufeln 26, d.h. Figur 4 zeigt eine erste Drallschaufel 26 und Figur 5 eine dazu benachbarte Drallschaufel 26. Bei der Drallschaufel 26 der Figur 4 ändern sich die Öffnungsquerschnitte der Einlassöffnungen 29, und zwar werden die Öffnungsquerschnitte in Richtung auf die Innenfläche 20 des Vormischkanals 21, d.h. in Richtung auf die hier nicht dargestellte Achse 10, größer. Demgegenüber werden die Öffnungsquerschnitte der Einlassöffnungen 29 der in Figur 5 dargestellten Drallschaufel 26 in der gleichen Richtung kleiner. Für jeweils zwei zueinander benachbarte Drallschaufeln 26 des Drallgitters 25 ändern sich somit die Öffnungsquerschnitte der Einlassöffnungen 29 in gegenläufiger Richtung, d.h. auf eine Schaufel 26 wird sich in Richtung auf die Achse 10 vergrößernden Einlassöffnungen 29 folgt jeweils eine Drallschaufel 26 mit Einlassöffnungen 29, deren Öffnungsquerschnitte sich in Richtung auf die Achse 10 verkleinern. Die Drallschaufeln 26 der Figur 4 bilden dabei einen ersten Teil 31 von Einlassvorrichtungen für den Einlass von Brennstoff 13 in den Vormischkanal 21. Die Drallschaufeln 26 der Figur 5 bil-

den einen zweiten Teil 33 von Einlassvorrichtungen zum Einlass von Brennstoff 13 in den Vormischkanal 21.

Die Figuren 6 und 7 zeigen wie die Einlassvorrichtungen 31, 33 mit dem Brennstoff 13 versorgt werden. Der erste Teil 31 der Einlassvorrichtungen wird aus einer ringförmigen Brennstoffzuleitung 43 versorgt, die zwischen dem Diffusionsbrenner 23 und dem Vormischkanal 21 angeordnet ist. Der zweite Teil 33 wird von einer zweiten, unabhängigen ringförmigen Brennstoffzuleitung 45 mit Brennstoff 13 versorgt. Die zweite ringförmige Brennstoffzuleitung 45 ist zur ersten Brennstoffzuleitung 43 unmittelbar benachbart angeordnet.

Mit der so eingeführten Konfiguration ist es nun erstmalig möglich, während des Betriebs des Brenners die radiale Verteilung von Brennstoff im Vormischkanal 21 zu ändern. Dies geschieht durch eine sich ändernde Brennstoffzugabe zu den Einlassvorrichtungen 31, 33 mittels der Brennstoffzuleitungen 43, 45. Durch die gegenläufige Änderung der Öffnungsquerschnitte in den Einlassvorrichtungen 31, 33 kann nahezu jede beliebige gewünschte radiale Verteilung von Brennstoff 13 im Vormischkanal 21 eingestellt werden. Beispielsweise kann in einem Teillastbetrieb dem ersten Teil 31 der Einlassvorrichtungen mehr Brennstoff 13 zugeführt werden, was aufgrund der sich in Richtung auf die Achse 10 vergrößernden Öffnungsquerschnitte der Einlassöffnung 29 zu einer Anreicherung von Brennstoff in Richtung auf die Innenfläche 20 des Vormischkanals 21 führt. Hierdurch kann mittels der lokalen Anfettung günstig auf eine verringerte Kohlenmonoxidentwicklung eingewirkt werden. Demgegenüber kann z. B. in einem Volllastbetrieb dem zweiten Teil der Einlassvorrichtungen mehr Brennstoff zugeführt werden, was zu einer homogeneren Verteilung von Brennstoff 13 im Vormischkanal 21 führt. Die sich in Richtung auf die Außenfläche 18 des Vormischkanals 21 erweiternden Einlassöffnungen 29 tragen gehören Massenstrom von Luft 11 im radial außenliegenden Teil in Richtung auf die Außenfläche 18 im Vormischkanal 21 dabei Rechnung, so dass

durch diese sich vergrößernde Öffnungsquerschnitte eine radiale Verteilung von Brennstoff 13 im Vormischkanal 21 eingestellt wird, die eine möglichst homogene Mischung von Brennstoff 13 und Luft 11 zur Folge hat. Weiterhin könnte etwa  
5 auch die radiale Verteilung des Brennstoffs 13 dann geändert werden, wenn eine Verbrennungsschwingung in der Brennkammer 5 auftritt, die eine bestimmte Grenzamplitude überschreitet. Solche Verbrennungsschwingungen können sich durch Flammeninstabilitäten und eine Rückkopplung von Druckschwankungen  
10 und dichte Fluktuationen im Brennstoff-Luftgemisch bilden. Durch eine Änderung der radialen Verteilung des Brennstoffs 13 in der Luft 11 kann dieser Rückkopplungsmechanismus unterbrochen und die Verbrennungsschwingungen hierdurch unterdrückt werden.

15 Figur 8 zeigt noch einmal in einem Ausschnitt eines Querschnittes durch den Vormischkanal 21 die wechselnde Anordnung des ersten Teils 31 von Einlassvorrichtungen und des zweiten Teils 33 von Einlassvorrichtungen jeweils ausgebildet als  
20 Drallschaufeln 26 im Drallgitter 25. Man erkennt die gegenläufige Änderung des Öffnungsquerschnittes der Einlassöffnungen 29 in radialer Richtung.

Figur 9 zeigt eine weitere mögliche Konfiguration der Anordnung des ersten Teils 31 und des zweiten Teils 33 der Einlassvorrichtungen. Ein Ausschnitt durch einen Längsschnitt durch den Vormischkanal 21 zeigt in Strömungsrichtung der Luft 11 hintereinander angeordnet den ersten Teil 31 und den zweiten Teil 33 der Einlassvorrichtungen. Der erste Teil 31  
25 ist hierbei aus Röhrchen gebildet, die in den Vormischkanal 21 hineinragen. Der zweite Teil 33 ist aus Drallschaufeln 26 gebildet. Die Öffnungsquerschnitte der Einlassöffnungen 29 ändern sich wiederum gegenläufig, d.h. in Richtung auf die Achse 10 oder in Richtung auf die Innenfläche 20 vergrößern  
30 sich die Einlassöffnungen 29 des ersten Teils 31 der Einlassvorrichtungen, während sich die Öffnungsquerschnitte der Einlassöffnungen 29 des zweiten Teils 33 der Einlassvorrichtung  
35

13

in Richtung auf die Achse 10 verkleinern. Durch diese axiale Staffelung des ersten Teils 31 und des zweiten Teils 33 der Einlassvorrichtungen kann Brennstoff 13 auch in Umfangsrichtung sehr gleichmäßig im Vormischkanal 21 eingeleitet werden.

## Patentansprüche

1. Entlang einer Achse (10) gerichteter Brenner (9) mit einem ringförmigen Vormischkanal (21), in den Brennstoff (13) radial verteilt einleitbar ist,  
5       dadurch gekennzeichnet, dass die radiale Verteilung des Brennstoffes (13) während des Betriebes des Brenners (9) einstellbar ist.
- 10   2. Brenner (9) nach Anspruch 1, bei dem über den Umfang des Vormischkanals (21) verteilt Einlassvorrichtungen (31,33) vorgesehen sind, für einen an der jeweiligen Umfangsposition liegenden radialen Einlass von Brennstoff (13) mittels in radialer Richtung angeord-  
15       neter Einlassöffnungen (29) mit einem jeweiligen Öffnungsquerschnitt, wobei bei einem ersten Teil (31) der Einlassvorrichtungen die Öffnungsquerschnitte in Richtung zur Achse (10) zunehmen und bei einem zweiten Teil (33) der Einlassvorrichtungen die Öffnungsquerschnitte abnehmen.  
20
3. Brenner (9) nach Anspruch 2, bei dem die Einlassvorrichtungen des ersten Teils (31) und des zweiten Teils (33) abwechselnd entlang des Umfangs des Vormischkanals (21) angeordnet sind.  
25
4. Brenner (9) nach Anspruch 2, bei dem die Einlassvorrichtungen des ersten Teils (31) und des zweiten Teils (33) in axialer Richtung des Vormischkanals (21) aufeinander folgen.  
30
5. Brenner (9) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer ersten (43) und einer zweiten (45) um die Achse (10) verlaufenden Brennstoffzuleitung, wobei ein Druckunterschied des Brennstoffdruckes in den beiden Brennstoff-  
35       zuleitungen (43,45) zueinander abhängig vom Betriebszustand des Brenners (9) einstellbar ist.

6. Brenner (9) nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 2 bis 4,  
bei dem der erste Teil (31) der Einlassvorrichtungen mit der ersten Brennstoffzuleitung (43) und der zweite Teil (33) der Einlassvorrichtungen mit der zweiten Brennstoffzuleitung (45) verbunden ist.
7. Brenner (9) nach einem der Ansprüche 2 bis 6,  
bei der die Einlassvorrichtungen (31,33) radial in den Vormischkanal (21) ragende Röhrchen sind, in deren Inneres der Brennstoff (13) zugeführt wird.
8. Brenner (9) nach einem der Ansprüche 2 bis 6,  
bei der die Einlassvorrichtungen (31,33) radial in den Vormischkanal (21) ragende Drallschaufeln (26) sind, in deren Inneres der Brennstoff (13) zugeführt wird.
9. Brenner (9) nach Anspruch 4,  
bei der der erste Teil (31) der Einlassvorrichtungen aus radial in den Vormischkanal (21) ragenden Röhrchen und der zweite Teil (33) der Einlassvorrichtungen aus radial in den Vormischkanal (21) ragenden Drallschaufeln (26) gebildet ist.
10. Brenner (9) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ausgebildet als Gasturbinenbrenner, insbesondere für eine stationäre Gasturbine (1) mit einer Leistung größer als 50 MW.
11. Brenner (9) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem zentralen, vom Vormischkanal (21) umschlossenen Diffusionsbrenner (23).
12. Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine (1) mit einem Brenner (9) zur Verbrennung eines Brennstoffes (13) in Luft (11), welcher Brenner (9) einen ringförmigen Vormischkanal (21) aufweist, in den der Brennstoff (13) in

16

einer radialen Verteilung eingeleitet wird,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die radiale Verteilung abhängig von einem Betriebszustand  
der Gasturbine (1) eingestellt wird.

5

13. Verfahren nach Anspruch 10,

bei dem bei einem Teillastbetrieb der Gasturbine (1) eine  
radiale Verteilung so eingestellt wird, dass sich ein Be-  
reich eines lokalen Maximums in der radialen Verteilung  
10 der Brennstoffkonzentration im Brennstoff-Luftgemisch (28)  
bildet.

14. Verfahren nach Anspruch 10,

bei dem bei einem Volllastbetrieb der Gasturbine (1) eine  
15 radiale Verteilung so eingestellt wird, dass sich eine  
homogene Gemischkonzentration von Brennstoff (13) und Luft  
(11) ergibt.

20 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14,  
bei dem beim Auftreten einer Verbrennungsschwingung mit  
einer Amplitude, die einen vorgegebenen Grenzwert über-  
schreitet, die radiale Verteilung geändert wird.

25

1/4

FIG 1

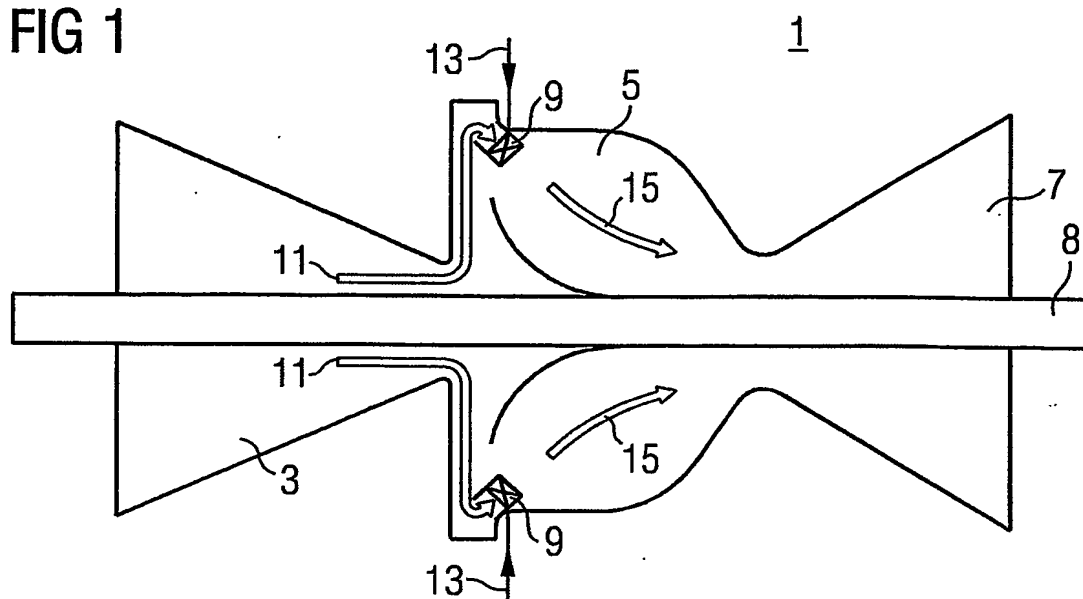
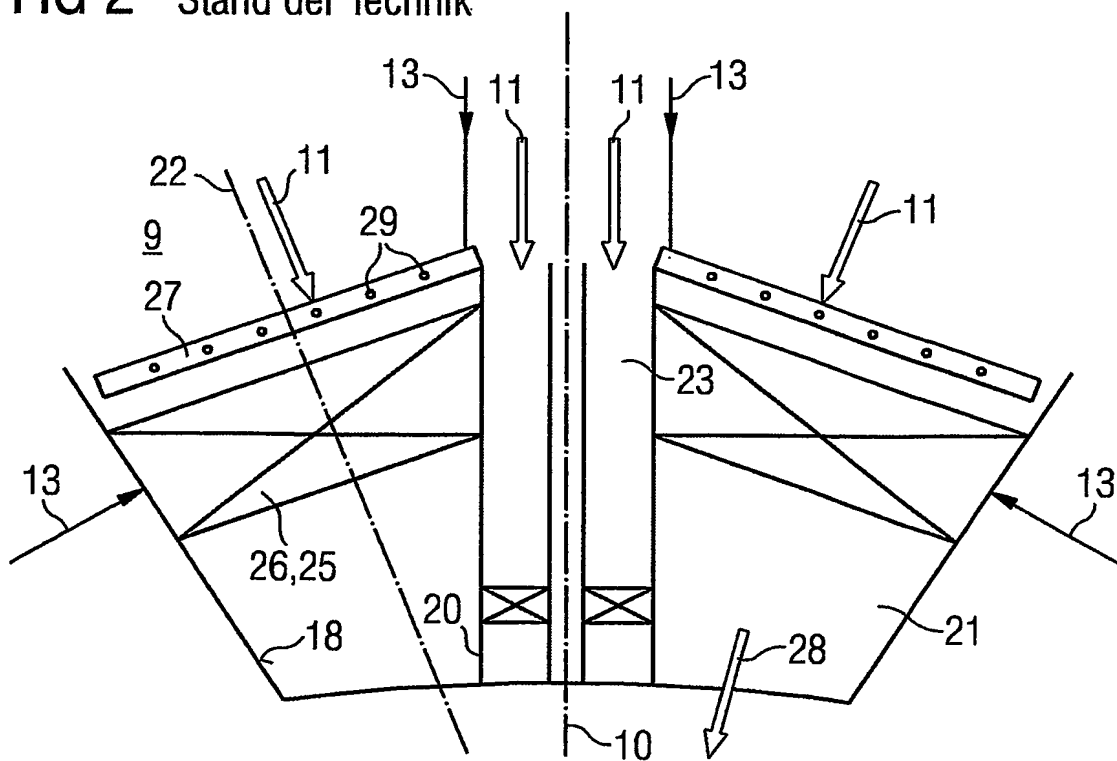


FIG 2 Stand der Technik



2/4

FIG 3 Stand der Technik

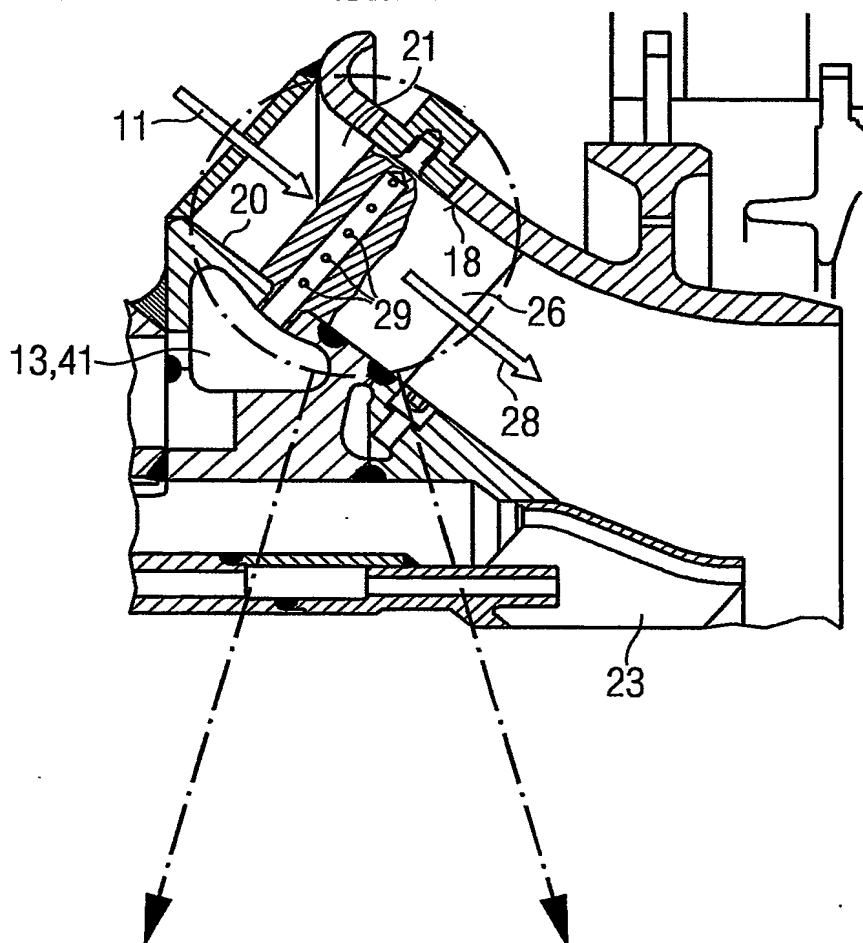


FIG 4

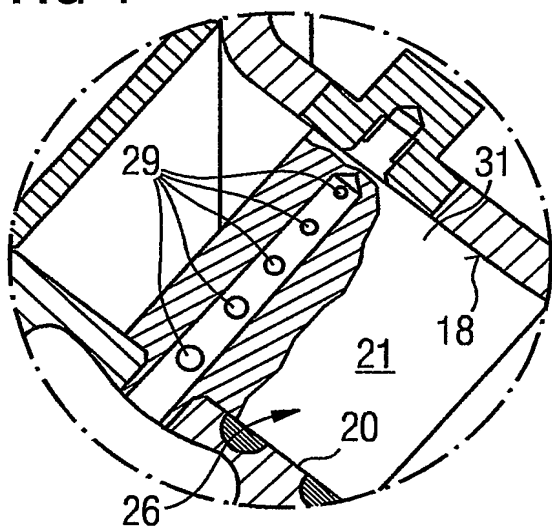


FIG 5

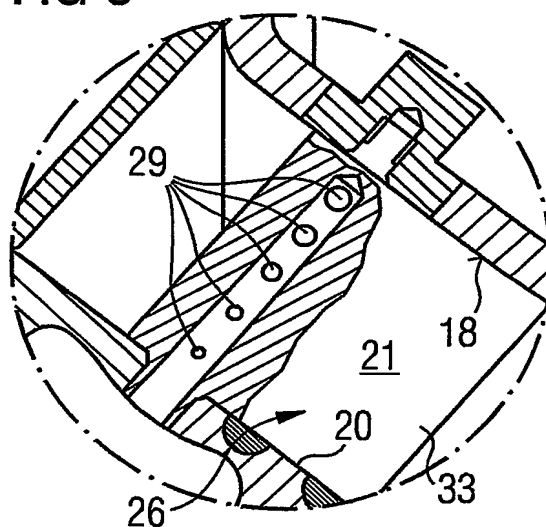


FIG 6

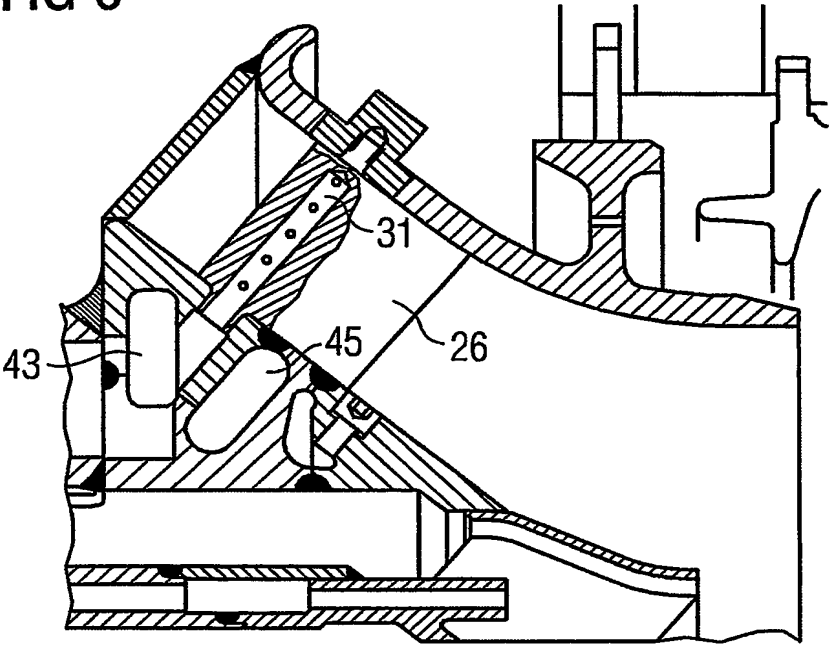
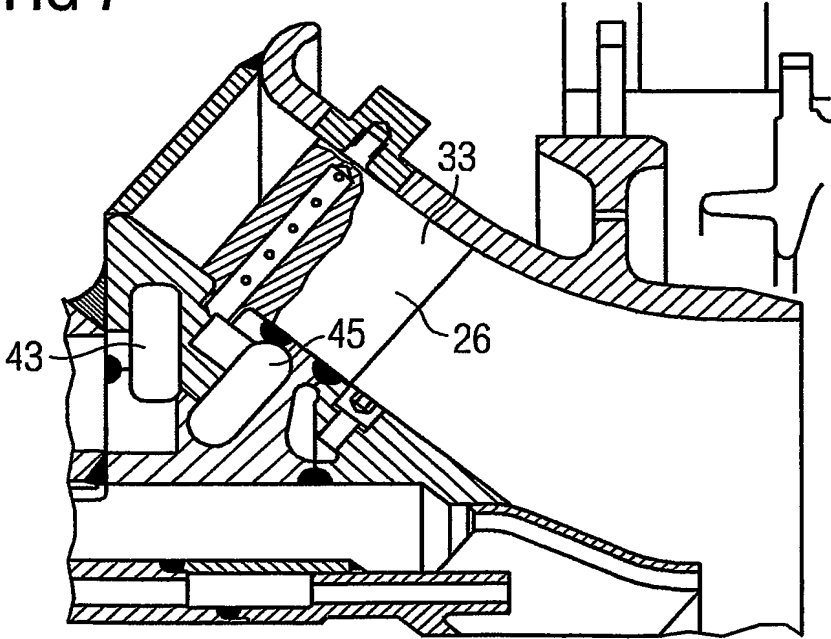


FIG 7



4/4

FIG 8

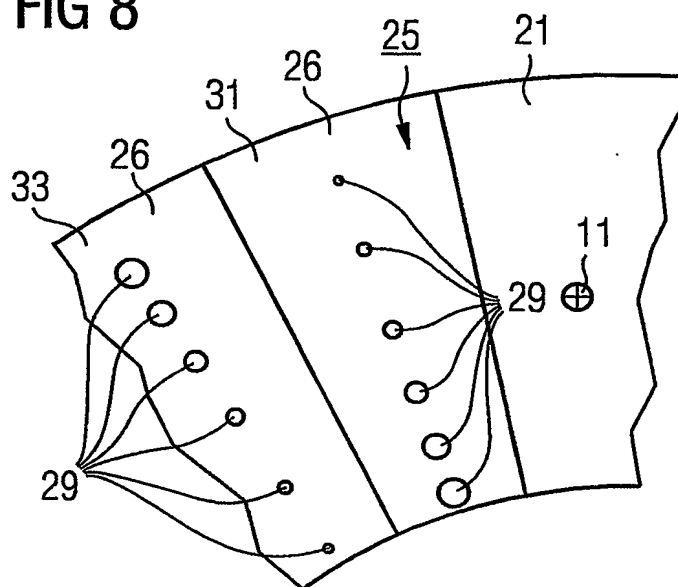
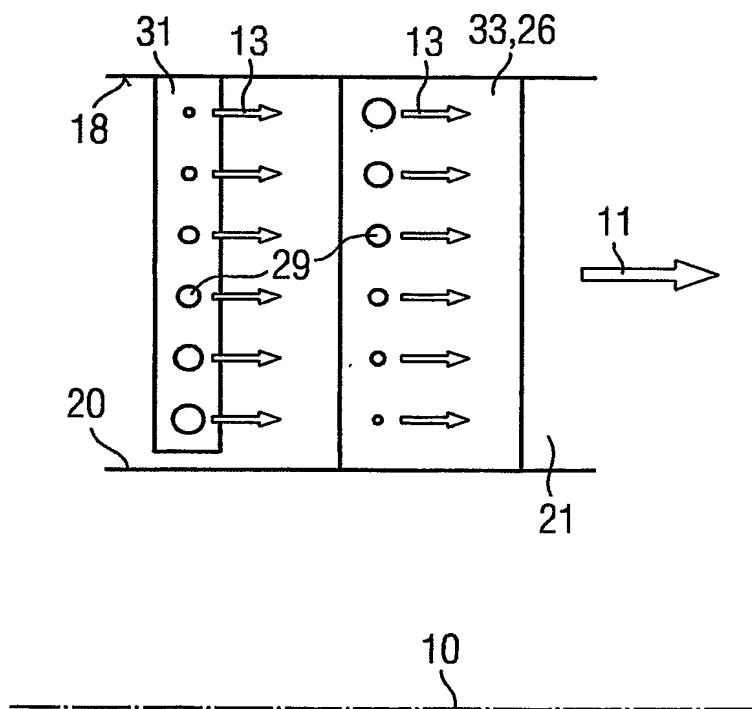


FIG 9



**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC 7 F23R3/28 F23R3/14 F23D14/62

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F23R F23D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2001/052229 A1 (BENOIT JEFFREY ARTHUR ET AL) 20 December 2001 (2001-12-20) paragraph '0014! - paragraph '0015! paragraph '0019! paragraph '0032! - paragraph '0036! figures 2,3	1,5, 10-15
X	EP 1 193 450 A (GEN ELECTRIC) 3 April 2002 (2002-04-03) paragraph '0014! - paragraph '0015! figure 4	1,10,12
X	US 5 435 126 A (BEAUDOIN RONALD J) 25 July 1995 (1995-07-25) column 4, line 23 - column 5, line 24 figure 1	1,10-14
	----- -/-- -----	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.**\* Special categories of cited documents :**

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 November 2004

Date of mailing of the international search report

19/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Coquau, S

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/008115

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 747 636 A (ALLISON ENGINE CO INC) 11 December 1996 (1996-12-11) column 3, line 55 - column 4, line 41 column 9, line 3 - line 22 figures 2,8  -----	1,12

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2001052229	A1	20-12-2001	DE 69916911 D1	09-06-2004
			EP 0936406 A2	18-08-1999
			JP 11337068 A	10-12-1999
			TW 425467 B	11-03-2001
EP 1193450	A	03-04-2002	US 6363726 B1	02-04-2002
			EP 1193450 A1	03-04-2002
			JP 2002168449 A	14-06-2002
US 5435126	A	25-07-1995	CA 2143232 A1	15-09-1995
			DE 69523082 D1	15-11-2001
			DE 69523082 T2	06-06-2002
			EP 0672865 A2	20-09-1995
			JP 8021627 A	23-01-1996
EP 0747636	A	11-12-1996	US 5813232 A	29-09-1998
			DE 69626445 D1	10-04-2003
			DE 69626445 T2	15-01-2004
			EP 0747636 A2	11-12-1996
			JP 3207353 B2	10-09-2001
			JP 9119640 A	06-05-1997
			US 5794449 A	18-08-1998

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 F23R3/28 F23R3/14 F23D14/62

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

# B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F23R F23D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

# C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2001/052229 A1 (BENOIT JEFFREY ARTHUR ET AL) 20. Dezember 2001 (2001-12-20) Absatz '0014! - Absatz '0015! Absatz '0019! Absatz '0032! - Absatz '0036! Abbildungen 2,3	1,5, 10-15
X	EP 1 193 450 A (GEN ELECTRIC) 3. April 2002 (2002-04-03) Absatz '0014! - Absatz '0015! Abbildung 4	1,10,12
X	US 5 435 126 A (BEAUDOIN RONALD J) 25. Juli 1995 (1995-07-25) Spalte 4, Zeile 23 - Spalte 5, Zeile 24 Abbildung 1	1,10-14
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. November 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/11/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Coquau, S

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 747 636 A (ALLISON ENGINE CO INC) 11. Dezember 1996 (1996-12-11) Spalte 3, Zeile 55 – Spalte 4, Zeile 41 Spalte 9, Zeile 3 – Zeile 22 Abbildungen 2,8 -----	1,12

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008115

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US 2001052229	A1	20-12-2001	DE	69916911	D1		09-06-2004	
			EP	0936406	A2		18-08-1999	
			JP	11337068	A		10-12-1999	
			TW	425467	B		11-03-2001	
EP 1193450	A	03-04-2002	US	6363726	B1		02-04-2002	
			EP	1193450	A1		03-04-2002	
			JP	2002168449	A		14-06-2002	
US 5435126	A	25-07-1995	CA	2143232	A1		15-09-1995	
			DE	69523082	D1		15-11-2001	
			DE	69523082	T2		06-06-2002	
			EP	0672865	A2		20-09-1995	
			JP	8021627	A		23-01-1996	
EP 0747636	A	11-12-1996	US	5813232	A		29-09-1998	
			DE	69626445	D1		10-04-2003	
			DE	69626445	T2		15-01-2004	
			EP	0747636	A2		11-12-1996	
			JP	3207353	B2		10-09-2001	
			JP	9119640	A		06-05-1997	
			US	5794449	A		18-08-1998	